

E5847

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-318326

(43)Date of publication of application : 08.12.1995

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

(21)Application number : 06-116202

(22)Date of filing : 30.05.1994

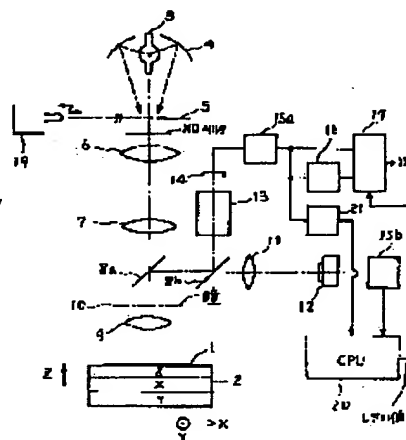
(71)Applicant : HITACHI LTD

(72)Inventor :  
MAEDA SHUNJI  
KUBOTA HITOSHI  
HIROI TAKASHI  
YOSHITAKE YASUHIRO  
MAKIHIRA HIROSHI

## (54) APPARATUS AND METHOD FOR INSPECTION OF PATTERN

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method and apparatus in which a minute circuit pattern is detected with high resolution.

CONSTITUTION: By using a pupil 10 for an objective lens 9 or a means which detects the pupil via a lens forming an image in a position which is conjugate with it and by using image information detected by the means, the distribution of diffracted light, e.g. information on the distribution of zero-order diffracted light and  $\pm$  first-order diffracted light, is obtained, and ring-belt-shaped illumination is controlled in such a way that they are arranged inside an opening in a well-balanced manner. Zero-order light is obliquely incident on a wafer 1 by the ring-belt-shaped illumination, the zero-order diffracted light as reflected light and either + first-order diffracted light or -first-order diffracted light are taken into the opening of the objective lens 9, and sufficient resolution is obtained. In addition, the zero-order diffracted light as the reflected light and either the + first-order diffracted light or the -first-order diffracted light are balanced with reference to an optical axis so as to be capable of dealing with various circuit patterns.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

E 5847

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-318326

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 B 11/24

識別記号

庁内整理番号

F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-116202

(22) 出願日 平成6年(1994)5月30日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 前田 俊二

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 窪田 仁志

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 広井 高志

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

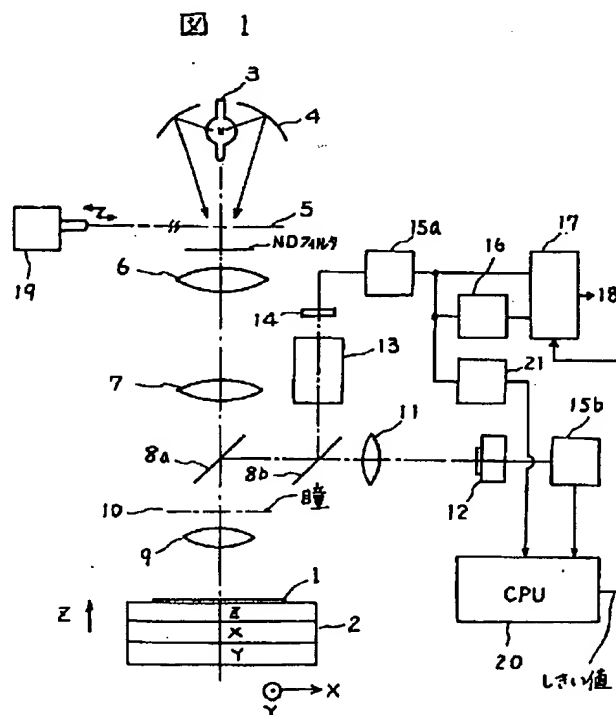
## (54) 【発明の名称】 パターン検査装置及び方法

## (57) 【要約】

【目的】 本発明は、微細な回路パターンを高い分解能で検出する方法及び装置を提供することにある。

【構成】 対物レンズの瞳或いはこれに共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出する手段と、これにより検出した画像情報を用いて回折光分布、例えば0次回折光と±1次回折光の分布情報を得、これらが開口内にバランス良く配置されるように、輪帯状の照明を制御する。

【効果】 輪帯状の照明により0次光をウェーハに対し斜めに入射し、反射光である0次回折光と1次回折光(±1次回折光或いは-1次回折光のいずれか)を対物レンズの開口内に取り込むことにより、十分な分解能を得る。さらに、反射光である0次回折光と1次回折光(±1次回折光或いは-1次回折光のいずれか)を光軸に対しバランスさせることにより、種々の回路パターンに対応できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】多数の仮想の点光源から形成された輪帯状の照明を、対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に施す照明手段と、対象からの反射光を検出する手段と、検出した画像と基準とする画像を比較する手段を有し、上記構成により検出された画像を基準とする画像と比較することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項2】対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出する手段と、輪帯状の照明を制御する手段を有し、瞳を検出する手段により検出した画像を用いて0次回折光と±1次回折光の分布により、上記輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項1記載のパターン検査装置。

【請求項3】被検査パターンに応じて0次回折光と±1次回折光が光軸中心からほぼ等距離になるように上記輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項2記載のパターン検査装置。

【請求項4】回路パターンの密度算出手段を有し、検出した画像より回路パターンの密度を検出し、この密度に応じて輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項1記載のパターン検査装置。

【請求項5】Xeランプなどの放電ランプを楕円鏡などにより集光した2次光源位置に複数の形状を有するリング状の遮光板を配置し、この遮光板を切り換えることにより輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項2、請求項3又は請求項4記載のパターン検査装置。

【請求項6】Xeランプなどの放電ランプを楕円鏡などにより集光した2次光源位置にリング状の遮光板を配置した照明手段を、光軸方向に移動することにより輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項2、請求項3又は請求項4記載のパターン検査装置。

【請求項7】照明光量の制御手段を備え、照明光量が定めた値になるように制御することを特徴とする請求項2、請求項3、請求項4、請求項5又は請求項6記載のパターン検査装置。

【請求項8】多数の仮想の点光源から形成された輪帯状の照明を、対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に施し、対象からの反射光を検出し、検出した画像を基準とする画像と比較することを特徴とするパターン検査方法。

【請求項9】対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出し、これにより検出した画像を用いて0次回折光と±1次回折光の分布により、上記輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項8記載のパターン検査方法。

【請求項10】被検査パターンに応じて0次回折光と±1次回折光が光軸中心からほぼ等距離になるように上記輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項9記載のパターン検査方法。

【請求項11】検出した画像より回路パターンの密度を

検出し、この密度に応じて輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項8記載のパターン検査方法。

【請求項12】Xeランプなどの放電ランプを楕円鏡などにより集光した2次光源位置に複数の形状を有するリング状の遮光板を配置し、この遮光板を切り換えることにより輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項9、請求項10又は請求項11記載のパターン検査方法。

【請求項13】Xeランプなどの放電ランプを楕円鏡などにより集光した2次光源位置にリング状の遮光板を配置した照明手段を、光軸方向に移動することにより輪帯状の照明を制御することを特徴とする請求項9、請求項10又は請求項11記載のパターン検査方法。

【請求項14】照明光量が定めた値になるように制御することを特徴とする請求項9、請求項10、請求項11、請求項12又は請求項13記載のパターン検査方法。

【請求項15】対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に施す照明手段と、対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出する手段と、対象からの反射光を検出する手段と、検出した画像と基準とする画像を比較する手段を有し、上記構成により検出された画像を基準とする画像と比較することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項16】対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に施す照明手段と、対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出する手段と、検出した画像を解析する手段と、対象からの反射光を検出する手段と、検出した画像と基準とする画像を比較する手段を有し、上記構成により検出された画像を基準とする画像と比較することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項17】対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に施す照明手段と、対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出する手段と、検出した瞳画像を解析する手段と、対象からの反射光を検出する手段と、検出した画像と基準とする画像を比較する手段を有し、上記構成により検出した瞳画像の解析結果に基づき、検出画像を基準とする画像と比較する際の欠陥検出感度を制御することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項18】対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に照明し、対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出し、さらに対象からの反射光を検出して、検出した画像と基準とする画像を比較することを特徴とするパターン検査方法。

【請求項19】対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に照明し、対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出して解析し、さらに対象からの反射光を検出して、検出した画像

と基準とする画像を比較することを特徴とするパターン検査方法。

【請求項20】対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に照明し、対物レンズの瞳位置或いは共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出して瞳画像を解析し、さらに対象からの反射光を検出して、検出した画像と基準とする画像を比較する際、検出した瞳画像の解析結果に基づき、欠陥検出感度を制御することを特徴とするパターン検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ウェーハ等の上に形成された回路パターンを高精度に検査し、回路パターン上に発生した微細な欠陥を高感度に検出する、或いはパターンの寸法を高精度に測定する方式及び装置に最適な画像検出方法及びこれを用いたパターン検査方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】LSI製造において、ウェーハ上に形成された回路パターンは、高集積化のニーズに対応して微細化し、結像光学系の解像限界に達している。このため、照明波長の短波長化や結像光学系の高NA化が進められている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記方法では例えば紫外線用の結像光学系を開発する必要があり、高コストになってしまう。また、高NA化は高段差のパターンに対して対応できなくなるという課題がある。

【0004】本発明は、上記課題を解決し、微細な回路パターンを高い分解能で検出する方法及び装置を提供することにある。

【0005】本発明の他の目的は、微細な回路パターンを高い分解能で検出し、検出した画像を用いて回路パターンを検査する方法及び装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】多数の仮想の点光源から形成された輪帯状の照明を、対物レンズを介して対象物の検出視野においてほぼ一様に施す照明手段と、対象からの反射光を検出する手段を有し、検出した画像を基準とする画像と比較する。

【0007】さらに、対物レンズの瞳位置或いはこれに共役な位置に結像するレンズを介して瞳を検出する手段と、これにより検出した画像を用いて0次回折光と±1次回折光の分布状態により、上記輪帯状の照明を制御する。即ち、被検査パターンに応じて、0次回折光と±1次回折光が光軸中心から等距離になるように上記輪帯状の照明を制御する。

【0008】或いは、検出した画像より回路パターンの密度を検出し、この密度に応じて輪帯状の照明を制御する。

【0009】より具体的には、Xeランプなどの放電ランプを楕円鏡などにより集光した2次光源位置に複数の形状を有するリング状の遮光板を配置し、この遮光板を切り換えることにより輪帯状の照明を制御する。或いはXeランプなどの放電ランプを楕円鏡などにより集光した2次光源位置にリング状の遮光板を配置した照明手段を、光軸方向に移動することにより輪帯状の照明を制御する。勿論2次光源を得る手段は上記以外でもよい。

【0010】

【作用】回路パターンが高い分解能で検出できない原因は、対物レンズの開口（瞳）内に回折光を十分にに取り込めないことにある。特に、回路パターンが微細な場合、回折光の回折角度が大きくなり、対物レンズの開口に光が入らず、分解能を落してしまう。このため、波長を短くして回折光の回折角度を小さくするか、対物レンズの開口、即ちNAを大きくして回折光を多く取り込むことが考えられる。

【0011】これに対し、本発明は輪帯状の照明により0次光をウェーハに対し斜めに入射し、反射光である0次回折光と1次回折光（+1次回折光或いは-1次回折光のいずれか）を対物レンズの開口内に取り込むことにより、十分な分解能を得る。さらに、反射光である0次回折光と1次回折光（+1次回折光或いは-1次回折光のいずれか）を光軸に対しバランスさせることにより、種々の回路パターンに対応できる。また、これにより、必要以上のNAを確保する必要もない。

【0012】これらは、対物レンズの瞳をモニタする手段により観察され、また制御される。そして、このフーリエ変換面の画像により、反射光である0次回折光と1次回折光（+1次回折光或いは-1次回折光のいずれか）を光軸に対しバランスできる。或いは、回路パターンの密度を検出し、この密度に応じて輪帯状の照明を制御すれば、或いは、例えば4MbDRAMメモリ素子ではパターン密度がそれほど高くないため、予め設定した条件の輪帯状の照明により低分解能で、16MbDRAMメモリ素子ではより予め設定した条件の、より高分解能となる輪帯状の照明で検査することができる。或いは、例えばメモリ素子のセル部ではパターン密度が高いため、予め設定した条件の輪帯状の照明により高分解能で、セル部以外のラフな領域では検査感度を落とすため、通常の照明を用いることも可能になる。

【0013】

【実施例】以下、図を用いて実施例を説明する。

【0014】図1は本発明の1実施例を示す図である。図1において、XYZステージ2（θステージは図示せず）上に置かれたLSIウェーハ1を、Xeランプ3及び楕円鏡4、輪帯照明を形成するためのリング状マスク5により構成された照明装置により、コリメータレンズ6、コンデンサレンズ7、対物レンズ9を介して照明し、反射光をハーフミラー8a、8b、ズームレンズ1

3を介してイメージセンサ14により検出する。照明は、ケラー照明である。図示していないが、LSIウェーハ1は焦点合わせが行われている。Xステージを走査しながらイメージセンサ14でスキャンすることにより2次元画像を得る。イメージセンサ14の出力をA/D変換器15aによりA/D変換し、得られた画像信号を遅延メモリ16を介して比較回路17により比較し、不一致を欠陥18として検出する。比較回路17の詳細は、本発明者らが既に発明した特願平2-3587号公報或いは特願平3-181540号公報に十分な説明を行っており、ここでは省略する。ただし、これ以外の比較回路が使用可能なことは言うまでもない。

【0015】リング状マスク5には、図2に示すように複数の形状、例えば5a、5bを形成し、これを移動機構19により、切り換えるものである。図示していないが、勿論通常の円形開口を有するマスクを用意しておいてもよい。

【0016】TVカメラ12は、対物レンズ9の瞳面10（対物レンズの像側焦点面、開口絞りの位置、あるいはフーリエスペクトル面と呼ぶこともある）をレンズ11を介して検出するもので、A/D変換器15bによりA/D変換し、CPU20（フーリエ変換画像解析、エッジ密度判定、輪帯照明条件制御用）に画像を取り込む。エッジ検出器21は、イメージセンサ14により検出した画像のパターンエッジを検出するもので、検出したエッジ情報はCPU20に取り込む。なお、TVカメラ12は、対物レンズ9の瞳面10と共役な位置に結像するように配置しても構わない。

【0017】上記構成において、輪帯状の照明により0次光をLSIウェーハ1に対し斜めに入射し、反射光である0次回折光と1次回折光（+1次回折光或いは-1次回折光のいずれか）を対物レンズ9の開口内に取り込むことにより、十分な分解能を得る。何故ならば、光軸に対する角度の小さい成分は、低い周波数の干渉縞を形成し、分解能を下げる働きをするので、開口中央部分を遮蔽して低い周波数の干渉縞を除去すれば、分解能が向上する。これはアッペの回折理論によりさらに詳しく説明できる。即ち、照明光の光軸に対する角度と結像される空間周波数の関係については、アッペの回折理論が適用される。格子をもつ物体からの反射光の1次回折光が結像系の瞳を通過できるか否かにより、物体上の格子が結像できるかどうか判定される。回折光が結像系の瞳面の一点に集光し、この集光点が瞳の内側にあれば、回折光は結像系を通過し、0次回折光と結像面上で干渉し、物体格子の像を再生する。物体の構造が細くなると、瞳面上での集光点と光軸中心の距離は大きくなっていき、距離が瞳の半径より大きくなると、瞳を通過できず、物体格子は結像されなくなる。上記構成においては、焦点深度も深くなるという利点がある。

【0018】上記説明では、斜め照明では光軸と光源を

結ぶ面内で分解能が向上するが、他の面内では分解能は向上しない。このため任意の方向で分解能を向上するには、上記したような輪帯状の照明を行うことが適している。

【0019】なお、0次光が瞳面内に入らない場合は、暗視野照明にあたる。勿論、開口内に0次回折光しか存在しなければ、分解能は極めて低いものとなる。

【0020】図1において、さらに、対物レンズの瞳モニタであるTVカメラ12により、反射光である0次回折光と1次回折光（+1次回折光或いは-1次回折光のいずれか）を光軸に対しバランスさせる。具体的には、フーリエ変換面の画像を用いて、リング状マスク5を5a、5b、…等切り換えることにより、反射光である0次回折光と1次回折光（+1次回折光或いは-1次回折光のいずれか）を光軸に対しバランスさせる。バランスさせることが最も対物レンズのNAを有効に利用し、分解能が最大となる。

【0021】ただし、回折光に周期性が見られない場合、即ちスペクトル成分が連続している場合は、孤立パターンとみなせるので、過度な斜光入射はやめて、適度なリング状マスクを選ぶ。或いは従来の円形光源の照明を選ぶ。

【0022】また、回路パターンをエッジ検出器21により検出し、この密度に応じて輪帯状の照明を制御する。例えば、パターン密度が高いときは0次光をより斜めから入射させる。より具体的には、パターン密度を設定値と比較し、密度に応じて輪帯状照明を制御、即ち密度が高いほど斜め入射成分を多くするように、リング状マスク5を選択する。エッジ検出器21は、画像を微分し、しきい値処理によってパターンエッジを抽出し、パターンエッジ部の面積を算出するものである。

【0023】勿論、上記した輪帯状照明の制御は、前もって定めた条件により行ってもよい。例えば4MbDRAMメモリ素子ではパターン密度がそれほど高くないため、予め設定した条件の輪帯状照明により低分解能で、16MbDRAMメモリ素子ではより予め設定した条件の、より高分解能となる輪帯状照明で検査することができる。或いは、例えばメモリ素子のセル部ではパターン密度が高いため、予め設定した条件の輪帯状の照明により高分解能で、セル部以外のラフな領域では検査感度を落とすため、通常の照明を用いることも可能になる。

【0024】これらにより、種々の回路パターンに対応できる。また、焦点深度を犠牲にしないように、必要以上のNAを確保する必要もない。

【0025】図3にLSIウェーハパターンの例を示し、これを用いて0次回折光と1次回折光のバランス調整の方法を説明する。

【0026】図3はライン&スペースのパターンを示す。対物レンズの瞳モニタであるTVカメラ12により検出した画像上では、図4に示すように瞳10内におい

て0次回折光22と1次回折光23が観察される。これらは点状ではなく、面積を持ったものとし観測される。特に、図3の例では、0次回折光は円周上に生じ、1次回折光は左右の位置23等に回折光が生じる。0次回折光と1次回折光のバランスがとれると22、23は等しい半径の位置に生じる。等しい半径となるように、リング状マスク5を最適なものに切り換える。もし、瞳内から1次回折光23が部分的にはずれる場合は、はずれる量が等しくなるようにする。これらの分布状態の監視、判断は、CPU20により行う。

【0027】また、図1に示したように、瞳上のフーリエ画像から比較回路のしきい値を制御して、欠陥検出感度を可変にすることができる。例えば、フーリエ画像に周期性があれば、メモリセルなどの繰返し性の高い領域であると判断して欠陥検出感度を高くし、周期性がなければ欠陥検出感度を低くする。また、孤立パターンなどの欠陥は周期的なパターン上の欠陥よりも欠陥検出上容易なので、周期成分に合わせて輪帯照明条件を選べば良い。

【0028】図5、図6には、輪帯照明のリング形状を変える他の例を示す。図5では、Xeランプ3及び楕円鏡4、輪帯照明を形成するためのリング状マスク5により構成された照明装置全体を光軸方向に移動させることにより、リング形状を変えるものである。図6では、コリメータレンズを光軸方向に移動させることにより、リング形状を変えるものである。いずれも図示していないが、イメージセンサ14による検出光量が変化しないよう、NDフィルタ等による光量制御を同時に実施するものである。なお、図1、図5、及び図6においてXeランプが縦方向に配置されているが（この場合、光軸方向に光束が少ない）、横に配置した構成をとることもできる。また、Xeランプのみならず、Hgランプ、ハロゲンランプなども使用可能なことは言うまでもない。

【0029】上記は輪帯照明により説明したが、いわゆる変形照明、即ち斜め照明においても同様の方法が適用できる。また、位相シフト法と呼ばれる方法において、即ち位相膜を用いた0次光のカットによる±1次回折光の2光束干渉にも、同様の方法が適用できる。

【0030】上記は、0次光と±1次回折光という枠組みで論じたが、非回折光と回折光、或いは±1次回折光と±2次回折光などという枠組みにも適用できることはいうまでもない。

【0031】上記実施例において、パターン付きウェーハに最初から適用したが、照明自体の調整にはまず境界

ウェーハを用いて瞳の照度分布が一様になるようにXeランプの位置や楕円鏡を調整し、その後パターン付きウェーハに適用するのが望ましい。

【0032】上記実施例では、光源の寸法について明記していないが、大きな光源（インコヒーレント結像）でもよいし、点光源（コヒーレント結像）でもよい。また、 $\sigma$ 値を選ぶこともできる。

【0033】上記実施例は、被検査パターン毎に行ってもよいし、工程毎に行ってもよいし、品種ごとに行ってもよい。勿論、ウェーハ内でダイナミックに制御してもよい。

【0034】本発明は、ウェーハ等の上に形成された回路パターンを高精度に検査し、回路パターン上に発生した微細な欠陥を高感度に検出する装置や方法に適用できるが、パターンの寸法を高精度に測定する装置或いは方法にも適用できる。

【0035】

【発明の効果】本発明により、対物レンズの瞳モニタにより、反射光である0次回折光と1次回折光（+1次回折光或いは-1次回折光のいずれか）を認識し、これにより輪帯照明を制御することにより、微細な回路パターンを常に最適な条件で、しかも高い分解能で、かつ深い焦点深度で検出できる。さらに、検出した画像を用いて回路パターンを高精度に検査できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1実施例を示す図である。

【図2】輪帯照明を形成するためのリング状マスクの例を示す図である。

【図3】LSIウェーハパターンの例を示す図である。

【図4】0次回折光と1次回折光の説明図である。

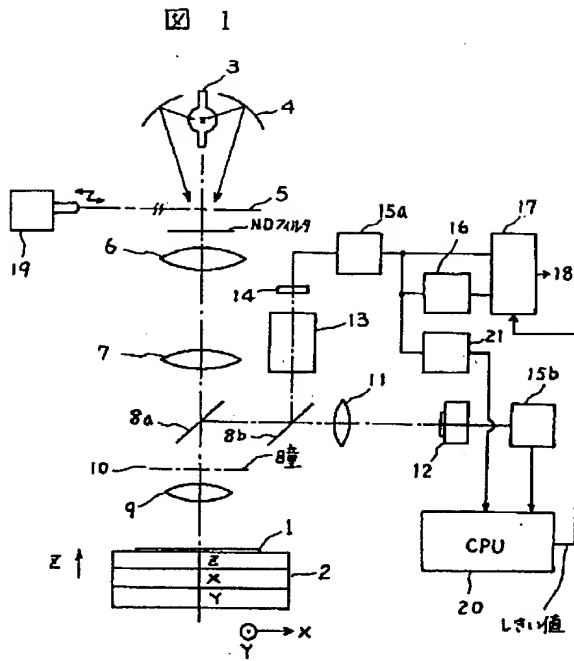
【図5】輪帯照明のリング形状を変える例を示す図である。

【図6】輪帯照明のリング形状を変える他の例を示す図である。

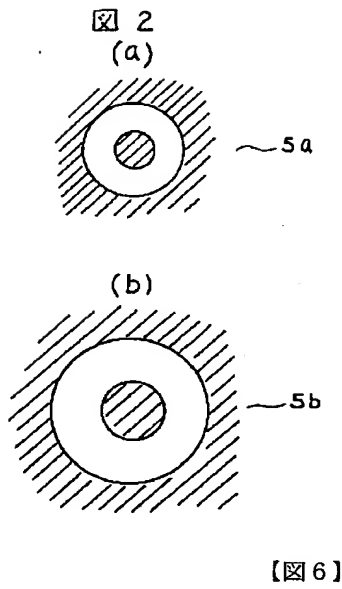
【符号の説明】

2…XYZステージ、1…LSIウェーハ、3…Xeランプ、4…楕円鏡、5…リング状マスク、6…コリメータレンズ、7…コンデンサレンズ、9…対物レンズ、8a、8b…ハーフミラー、13…ズームレンズ、14…イメージセンサ、15a、15b…A/D変換器、16…遅延メモリ、17…比較回路、18…欠陥、19…移動機構、12…TVカメラ、10…対物レンズの瞳面、20…CPU（フーリエ変換画像解析、エッジ密度判定、輪帯照明条件制御用）、21…エッジ検出器。

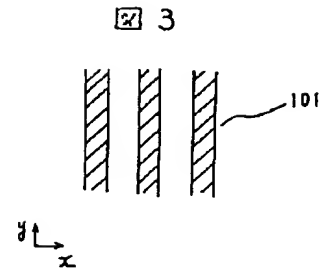
【図1】



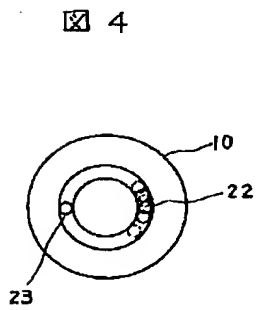
【図2】



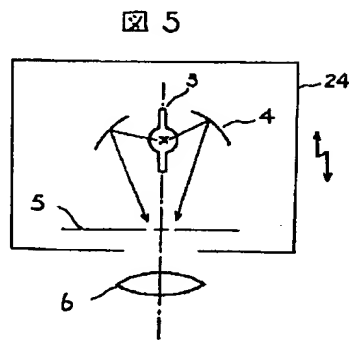
【図3】



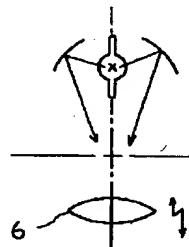
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 吉武 康裕  
東京都小平市上水本町五丁目20番1号株式  
会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 牧平 坦  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内